

21.9.2004

日本国特許庁 JPO/14128
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

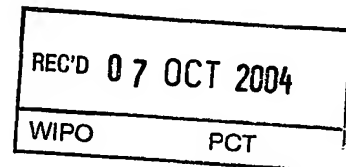
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 9月22日
Date of Application:

出願番号 特願2003-330422
Application Number:

[ST. 10/C]: [JP2003-330422]

出願人 昭和電工株式会社
Applicant(s):

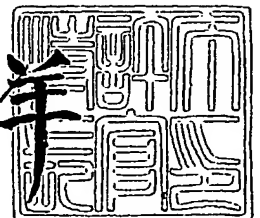


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 9月 7日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川 洋



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2004-3080269

【書類名】 特許願
【整理番号】 1034431
【提出日】 平成15年 9月22日
【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿
【国際特許分類】 H01L 33/00
【発明者】
 【住所又は居所】 千葉県千葉市緑区大野台 1 - 1 - 1 昭和電工株式会社 研究開発センター内
 【氏名】 友澤 秀喜
【発明者】
 【住所又は居所】 千葉県千葉市緑区大野台 1 - 1 - 1 昭和電工株式会社 研究開発センター内
 【氏名】 奥山 峰夫
【発明者】
 【住所又は居所】 千葉県千葉市緑区大野台 1 - 1 - 1 昭和電工株式会社 研究開発センター内
 【氏名】 村木 典孝
【発明者】
 【住所又は居所】 千葉県市原市八幡海岸通 5 番の 1 昭和電工エイチ・ディー株式会社内
 【氏名】 増山 聡一郎
【特許出願人】
 【識別番号】 000002004
 【氏名又は名称】 昭和電工株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100099759
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 青木 篤
 【電話番号】 03-5470-1900
【選任した代理人】
 【識別番号】 100077517
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 石田 敬
【選任した代理人】
 【識別番号】 100087413
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 古賀 哲次
【選任した代理人】
 【識別番号】 100102990
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 小林 良博
【選任した代理人】
 【識別番号】 100082898
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 西山 雅也
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 209382
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1

【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0200971

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の p 型半導体表面に接して形成され、透光性でかつオーミック接触が得られる、Au、Pt、Pd、Ni からなる第一の群より選ばれた 1 種類の金属あるいは 2 種類以上の金属の合金よりなる第 1 の層、および、p 型半導体表面に接して部分的に形成され、Ni、Ti、Sn、Cr、Co、Zn、Cu、Mg、In からなる第二の群より選ばれた少なくとも 1 種類の金属の酸化物よりなる第 2 の層からなることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

【請求項 2】

該第 2 の層が接していない p 型半導体表面には酸素が存在しない部分があることを特徴とする請求項 1 記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

【請求項 3】

p 型半導体と接する側と反対側の第 1 の層の表面に、該第二の群より選ばれた少なくとも 1 種類の金属の酸化物からなる第 3 の層をさらに有することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

【請求項 4】

該第 1 の層が Au と Ni の合金である請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

【請求項 5】

該第 2 の層が Ni の酸化物である請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

【請求項 6】

該第 3 の層が Ni の酸化物である請求項 3 ～ 5 のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

【請求項 7】

第 2 の層面積が p 型半導体層の面積に対し、0.01 ～ 90 % である請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

【請求項 8】

p 型半導体表面の酸素の存在しない部分が当該半導体表面の 10 % 以上である請求項 2 ～ 7 のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

【請求項 9】

第 2 の層の厚さが 0.1 ～ 100 nm である請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

【請求項 10】

第 1 の層の合金の Ni の含有割合が 0.01 ～ 70 % である請求項 4 ～ 9 のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

【請求項 11】

第 1 の層の厚さが 0.1 ～ 100 nm である請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

【請求項 12】

第 3 の層の厚さが 1 nm 以上である請求項 3 ～ 11 のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

【請求項 13】

第 1 の層には部分的に孔が存在している請求項 1 ～ 12 のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

【請求項 14】

基板上に窒化ガリウム系化合物半導体からなる n 型半導体層および p 型半導体層を順次積層して発光部が形成され、かつ、n 型半導体層および p 型半導体層の表面にそれぞれ負極および正極が形成された窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、正極が請求項 1 ～ 13 のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極からなるこ



とを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【書類名】明細書

【発明の名称】窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極および窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

【技術分野】

【0001】

本発明は、窒化ガリウム系化合物半導体発光素子とそれに用いられる電極に係わり、特に窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用の透光性電極に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、短波長光発光素子用の半導体材料としてGaN系化合物半導体材料が注目を集めている。GaN系化合物半導体は、サファイア単結晶を始めとして、種々の酸化物基板やIII-V族化合物を基板として、その上に有機金属気相化学反応法(MOCVD法)や分子線エピタキシー法(MBE法)等によって形成される。サファイア基板等の電氣的に絶縁体である基板を用いた素子では、GaAs、GaP等の半導体基板を使用したIII-V族化合物半導体材料とは異なり、基板裏面に電極を設けることができない。よって、正、負一対の電極を発光素子の同じ面に形成する必要がある。

【0003】

また、GaN系化合物半導体材料の特性として、横方向への電流拡散が小さいことがある。原因は、エピタキシャル結晶中に多く存在する基板から表面へ貫通する転位の存在であることが考えられるが、詳しいことは判っていない。この特性のため、電極を形成して通電発光させた場合でも、発光領域は電極直下に限定され電極の周囲には広がりにくい。したがって、発光領域は電極直下に限られ、従来の不透明な電極では発光は電極そのものに遮られて上方には取り出されず、発光強度が思うように向上しなかった。

【0004】

以上のような問題点を解決するために、p型電極を素子の表面のほぼ全面に形成された非常に薄い金属よりなる透光性の電極とし、電極を通して上面から発光を取り出すという素子構造に関する技術が開示されている(特許文献1)。この特許公開公報には、電極材料として、例えばAuとNiの合金を使用することが提案されているが、その透光性および接触抵抗は不十分である。また、例えば、AuとNiの合金およびNi酸化物の2層構造の電極が提案され、透光性および接触抵抗はかなり改良された(特許文献2)。しかし、電子機器業界では透光性および接触抵抗の更なる改良が求められている。

【0005】

【特許文献1】特開平6-314822号公報

【特許文献2】特開平10-308534号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、改良された透光性および接触抵抗を有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用の透光性電極とそれを具備する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、以下の発明を提供する。

(1) 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子のp型半導体表面に接して形成され、透光性でかつオーミック接触が得られる、Au、Pt、Pd、Niからなる第一の群より選ばれた1種類の金属あるいは2種類以上の金属の合金よりなる第1の層、および、p型半導体表面に接して部分的に形成され、Ni、Ti、Sn、Cr、Co、Zn、Cu、Mg、Inからなる第二の群より選ばれた少なくとも1種類の金属の酸化物よりなる第2の層からなることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

【0008】

(2) 該第2の層が接していないp型半導体表面には酸素が存在しない部分があることを特徴とする上記(1)記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

(3) p型半導体と接する側と反対側の第1の層の表面に、該第二の群より選ばれた少なくとも1種類の金属の酸化物からなる第3の層をさらに有することを特徴とする上記(1)または(2)記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

【0009】

(4) 該第1の層がAuとNiの合金である上記(1)～(3)のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

(5) 該第2の層がNiの酸化物である上記(1)～(4)のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

(6) 該第3の層がNiの酸化物である上記(3)～(5)のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

【0010】

(7) 該第2の層の面積がp型半導体層の面積に対し、0.01～90%である上記(1)～(6)のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

(8) p型半導体表面の酸素の存在しない部分が当該半導体表面の10%以上である上記(2)～(7)のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

(9) 該第2の層の厚さが0.1～100nmである上記(1)～(8)のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

(10) 該第1の層の合金のNiの含有割合が0.01～70%である上記(4)～(9)のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

【0011】

(11) 該第1の層の厚さが0.1～100nmである上記(1)～(10)のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

(12) 該第3の層の厚さが1nm以上である上記(3)～(11)のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

(13) 該第1の層には部分的に孔が存在している上記(1)～(12)のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

【0012】

(14) 基板上に窒化ガリウム系化合物半導体からなるn型半導体層およびp型半導体層を順次積層して発光部が形成され、かつ、n型半導体層およびp型半導体層の表面にそれぞれ負極および正極が形成された窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、正極が上記(1)～(13)のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極からなることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、透光性に優れ、かつ、接触抵抗が低い窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用の透光性電極が得られる。また、第1の層が合金の場合、生産性が向上し、製造コストが低下する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

本発明を適用する窒化ガリウム系化合物半導体としては、通常の方法で製造された従来公知のものを何ら制限なく用いることができる。その一例を説明すると、例えば、サファイア基板上に窒化アルミニウムからなるバッファ層が設けられ、その上にn型のGaN層が形成され、その上にInGaNからなる発光層が形成され、そして発光層の上にはp型AlGaN層が形成され、さらに、その上にはp型GaNから成るコンタクト層が形成されているような窒化ガリウム系化合物半導体を用いることができる。

【0015】

本発明に係わる窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極は、上記コンタクト層の上に形成された透光性の金属またはそれらの合金からなる第1の層と、上記コンタクト層の

上に部分的に形成された、透光性の金属酸化物を含む第2の層とを有することを特徴とする。さらに、該第1の層の半導体と反対側表面に、第2の層と同様の透光性の金属酸化物からなる第3の層を有すると接触抵抗がさらに低下するので好ましい。

【0016】

半導体に接触させる第1の層を形成する金属として、熱処理して良好なオーミック接触を得ることができるAu、Pt、Pd、Niなどから選ぶことができる。また、これらの金属の少なくとも2種類を組み合わせた合金を用いてもよい。また、良好なオーミック接触を得るため、これらの金属に対してZn、Ge、Sn、Be、Mg等の金属を少なくとも1種類以上不純物として微量添加した合金を使用しても良い。接触抵抗の面から合金が好ましい。また、合金の場合、生産性が向上し、製造コストが低下するという利点もある。

【0017】

合金としては、特にAuとNiの合金が好ましい。合金組成としては層全体で平均してNi金属が0.01%~70%である。これより大きいと透光性が低下する。層全体に互って平均的にこれより小さくするのは困難であり、製造コストが上昇する。好ましくは0.1%~50%、さらに好ましくは1%~30%である。また、合金組成には面内分布があり、場所によって合金組成が異なってもよく、部分的にNi金属が90%程度あってもよい。

【0018】

さらに、第1の層には、直径50~200nmの孔が部分的に存在してもよい。これらの孔がある程度存在したほうが透光性は改良される。これらの孔の総面積は第1の層全面積に対して10~95%であることが好ましい。これ以上では第1の層のシート抵抗が高くなる傾向があるので好ましくない。また、これ以下では透光性の改良効果はない。孔の大きさは好ましくは直径50~200nmである。これらの孔は、酸化処理および/または合金化処理におけるアニール中に金属の凝集が起こり生成するものと思われる。孔の大きさおよび数をコントロールするには、用いる金属種に応じて温度および時間等のアニール条件を制御すればよい。

【0019】

第1の層の厚さは、0.1~100nmが好ましい。100nmより厚いと透光性が低下するので好ましくない。また、0.1nmより薄いと接触抵抗が大きくなり好ましくない。さらに好ましくは0.2~50nmであり、特に好ましくは0.5~20nmである。

【0020】

第2の層および第3の層を構成する金属酸化物としては、比較的透光性に優れかつ金属との密着性に優れる酸化物である、Ni、Ti、Sn、Cr、Co、Zn、Cu、Mg、Inよりなる群より選ばれた少なくとも1種類の金属の金属酸化物を用いることができる。特に、その中でも透光性であることが広く知られているNiO、TiO、SnO、Cr₂O₃、CoO、ZnO、Cu₂O、MgO、In₂O₃など、またはこれらの金属酸化物に他の金属元素が共存した酸化物を主成分とすることは有用である。好ましいものはNiの酸化物である。また、酸化物は第1の層の金属に合わせて、密着性の良いものを選ぶことが好ましい。第1の層の材料にAuを用いた場合には、特にNi酸化物が好ましい。この際、第1の層のAuはNiと合金化することが好ましい。

【0021】

本明細書において「金属酸化物」という言葉は、金属の酸化数の異なる酸化物の混合物を指して用いることとし、また、その中には酸化されていない金属が含まれていても構わないこととする。しかし、第2の層および第3の層は透光性を発揮することが特徴であるので、組成の異なる酸化物のうち、最も透光性となりやすい材料が主成分となっていることが有利であることは言うまでもない。Niを例にとって説明すると、Niの酸化物としてはNiO、Ni₂O₃、NiO₂、Ni₃O₄などが存在することが知られているが、これらの層を構成する材料の組成は、これらの内のどれであっても良いし、これらの混合物で

あっても良い。また、酸化されていない金属であるNiそのものが含まれていても構わない。しかしながら、ここに例示した数種類の酸化物のうち、最も有効に透光性を発揮することが知られているのはNiOであり、第2の層および第3の層としてはNiOが主成分であることが有利なことは言うまでもない。

【0022】

第2の層が存在することによって接触抵抗が小さくなる理由は不明であるが、以下の如く類推される。窒化ガリウム半導体の表面は大気中で酸化されGa酸化物の皮膜が形成される。一旦エッチング等により酸化皮膜を除去したとしても電極形成までの間に一瞬でも大気に暴露されれば再び表面が酸化される。Ga酸化物は絶縁体であるので、酸化皮膜の形成により電極／半導体界面の接触抵抗が高くなる。本発明によれば電極材料中の第二の群の金属の一部が半導体表面酸化皮膜中の酸素の一部と反応し金属酸化物を形成し、半導体表面の酸化皮膜が減少する。従って、第2の層の存在によって接触抵抗が小さくなるものと思われる。また、生成した金属酸化物の一部は電極表面側に移動することによって第3の層の一部になるものと思われる。

【0023】

半導体表面の酸化皮膜が減少する結果、元々酸化皮膜が少ない（薄い）部分では半導体表面にGa酸化物は存在しない。このような部分は、多ければ多いほど好ましいわけであるが、半導体表面の第2の層と接触していない部分の少なくとも10%あると、接触抵抗が低いので好ましい。50%以上あれば更に好ましく、90%以上あれば特に好ましい。

【0024】

第2の層の存在比率は、p型半導体の全表面積に対して0.01～90%であることが好ましい。0.01%以下では半導体表面のGa酸化物の除去が充分でなく、接触抵抗が充分低下しない。90%以上では逆に接触抵抗が高くなる。さらに好ましくは0.1～50%、特に好ましくは1～20%である。

【0025】

第2の層の厚さは、半導体表面のGa酸化物（酸素）の量によって決まり、一般に0.1～100nmである。0.1nm以下では半導体表面のGa酸化物が充分に除去されず、接触抵抗が低下しない。半導体表面のGa酸化物の量が多ければ厚くなるが、この層は透明性が高く、かつ、半導体表面の全面に互って存在するわけではないので、厚くなることによって透光性が大きく悪化することはない。しかし、100nmを超えると、この層の表面積によっては接触抵抗が逆に大きくなる。好ましくは0.2～50nmであり、さらに好ましくは0.5～20nmである。

【0026】

第3の層が存在する場合、第3の層を構成する金属酸化物は、第2の層を構成する金属酸化物と独立に選ぶことができる。しかし、異なる材料を用いると製造工程が煩雑になるので、同じ材料を用いることが好ましい。

【0027】

第3の層は全面に互って連続的にかつ均一の厚さで存在することが好ましく、第1の層のように部分的に孔が存在すると、接触抵抗の低下効果が小さく好ましくない。第3の層の厚さは、1～50nmが好ましい。1nm以下では接触抵抗の低下効果が小さい。50nm以上では透光性が低下する。さらに好ましくは5～25nmであり、特に好ましくは10～15nmである。

【0028】

上記の電極は、第2の層を構成する金属酸化物の金属成分の層をp型半導体表面に形成させ、その上に第1の層を構成する金属成分の層を形成させておき、その後熱処理することによって、第2の層の酸化および必要に応じて第1の層の合金化を行なうことによって製造することができる。第3の層を有する場合は、第1の層を構成する金属成分の層の上にさらに第3の層を構成する金属酸化物の金属成分の層を形成させておき、酸素雰囲気中で熱処理し、酸化および必要に応じて合金化を行えばよい。第2の層と第3の層で同じ材料を用いる場合には、最初に行なう第2の層を構成する金属酸化物の金属成分の層の形

成を省くことができ、工程が簡略化される。

【0029】

金属膜を形成する方法としては、通常の抵抗加熱蒸着法その他、電子線加熱蒸着法、スパッタリング法などを用いることができる。また、各層は同一装置で連続して形成しても良いし、最初の層を形成した時点でいったん装置から取り出し、別の方法によって次の層を形成しても良いが、密着性の向上という観点から全ての層を同一装置内で連続して形成することが好ましい。

【0030】

酸化のための熱処理の温度及び時間は、酸化させようとする金属に応じて選択する必要がある。我々の検討によれば、本発明において使用できる金属では、一般的に温度は350～600℃の範囲であり、時間は1～120分の範囲である。高温の場合は短時間、低温の場合は長時間行なえばよい。第3の層を有する場合は、酸素雰囲気中の加熱処理が好ましいが、酸素濃度は一般に5～100%の範囲で処理温度および処理時間に応じて適宜選択すればよい。

【0031】

また、第1の層に合金を用いる場合、合金化の熱処理を別に行なってもよいが、処理温度および処理時間を上述の範囲内で適宜選択することにより、酸化の熱処理と兼ねることができる。特に、各層で同じ成分を用いる場合は、酸化と合金化は1回の熱処理で同時に行なう方が工程も簡略化され好ましい。

【実施例】

【0032】

以下、本発明の内容を実施例により具体的に説明するが、本発明はこの実施例のみに限定されるわけではない。

（実施例1）

【0033】

本実施例で製造した窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面図および平面図を図1および図2に示す。サファイア基板（1）上にAlNからなるバッファ層（2）を設け、その上にn型GaN層（3）、InGaN層（4）、p型AlGaN層（5）、p型GaN層（6）を順に積層した半導体のn型GaN層の上に負電極（7）を、p型GaN層の上に本発明の電極（10）および正電極ボンディングパッド（15）を形成したものである。

【0034】

以下に、その作成手順を説明する。

始めに基板（1）上に公知の方法により、上記（2）～（6）の層を積層し、窒化ガリウム系化合物半導体を作成した。次に、公知のフォトリソグラフィ技術を用いてこの化合物半導体上に金属で膜を形成した。膜は公知の蒸着法及びリフトオフ技術を用いて形成された。この膜は、基板上に形成された前記半導体層の一部をドライエッチングする際に、他の部分を保護する為の層である。金属膜の形成に於いては、真空蒸着装置を用い、圧力 4×10^{-4} Paでスタートし、Ni及びTiをエレクトロンビーム法により膜厚比凡そ1：6、即ち500 Å：3000 Åとなるようにこの順序で積層した。

【0035】

ドライエッチングにて、所定部分までエッチングを施した後、この金属膜は公知のエッチング技術により除去した。このドライエッチングは後に半導体発光素子の負電極（7）を形成するための処理であり、ドライエッチングにより、積層されたp層を除去しn層を露出させる物である。

【0036】

その後、前記ドライエッチングによりエッチングされていない部分に、公知のフォトリソグラフィ技術、蒸着技術、およびリフトオフ技術を用いて本発明の電極（10）を形成した。本発明電極の作製は以下の如く行なった。真空蒸着装置を用いて、圧力 4×10^{-4} Paでスタートし、Au及びNiを抵抗加熱用タングステン性ボートにて膜厚比凡そ2

: 3、即ち 50 \AA : 75 \AA となるようにこの順序で積層した。次に、加熱処理によりこの積層金属層の酸化および合金化を行なった。加熱処理は空気雰囲気で行ない、炉内雰囲気は 450°C となるように 5 分掛けて昇温し、この温度で 5 分間維持し、また 5 分間掛けて常温まで降温した。これらの工程により形成された電極 (10) は、青みを帯びた暗灰色で、透光性を示した。この電極は波長 460 nm の光による透過率で大凡 65% 以上の透過率を示した。

【0037】

次に、前記電極 (10) に電流を流すために、公知のフォトリソグラフィ技術、蒸着技術およびリフトオフ技術を用いて、電極 (10) と接触する形で正極用ボンディングパッド (15) を以下の如く形成した。真空蒸着装置を用い、圧力 $4 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ でスタートし、Ti、Al、Ti、Au 層をそれぞれエレクトロンビーム蒸着法及び抵抗加熱タングステン製ボートにてこの順序で形成した。その際の膜厚比は 1 : 0.1 : 1 : 2、即ち 1000 \AA : 100 \AA : 1000 \AA : 2000 \AA とした。

【0038】

最後に、前述ドライエッチングにより露出された n 層上に、公知のフォトリソグラフィ技術、蒸着技術およびリフトオフ技術を用いて、負極を以下の如く形成した。真空蒸着装置を用いて、圧力 $4 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ でスタートし、Ti 及び Au をそれぞれエレクトロンビーム蒸着法及び抵抗加熱タングステン製ボートにてこの順序で形成した。その際の膜厚比は 1 : 2、即ち 1000 \AA : 2000 \AA とした。

【0039】

上記方法で作製した発光半導体素子を、素子上面よりの波長計測定で、正電極ボンディングパッド (15) および負電極 (7) に測定針を接触させ、電流を印可した。その結果、電流 20 mA で発光波長 460 nm 、順方向電圧 3.3 V および出力 5 mW の発光が得られた。

【0040】

また、FIB 加工によって電極 (10) の断面を切り出し、加速電圧 200 kV の透過型電子顕微鏡で観察した。電極 (10) の構造の確認を以下の手法を用いて行なった。

【0041】

組成: エネルギー分散型 X 線分光分析

層の厚さ: 透過型電子顕微鏡による拡大観察

層の存在比率: エネルギー分散型 X 線分光分析による組成分布観察

その結果、電極 (10) の構造は以下のとおりであることがわかった。

【0042】

第 1 の層 (11) は Au と Ni の合金であり、その平均組成は Ni が約 35% であった。組成は面内分布があり、Au リッチ部分は Ni が $11 \sim 25\%$ 、Ni リッチ部分は Ni が $55 \sim 61\%$ であった。厚さは 15 nm であった。

【0043】

第 2 の層 (12) は Ni の酸化物であり、存在比率は全面積の 10% であった。厚さは 3 nm であった。また、第 2 層が接していない半導体表面には酸素が存在しない部分 (16) があり、その存在比率は 90% であった。

【0044】

第 3 の層 (13) は Ni の酸化物であり、厚さは 10 nm であった。場所によって第 1 の層と第 2 の層が存在せず、厚さ 15 nm の半導体上の空隙 (14) の上に第 3 層が存在する部分があった。

(実施例 2)

【0045】

加熱処理の温度条件を、常温から 450°C まで 10 秒間で昇温し、その温度で 1 分維持し、その後 10 秒間で常温まで降温するようにした以外は実施例 1 と同様に行なった。

実施例 1 と同様、Ni 酸化物からなる第 2 および第 3 の層の存在が確認され、第 1 の層は Au と Ni が合金化していた。電流 20 mA で発光波長 460 nm 、順方向電圧 3.2

V および出力 5 mW の発光が得られた。

(比較例 1)

【0046】

加熱処理条件を、真空下および 350℃ の温度で 10 分間とした以外は実施例 1 と同様に行なった。Ni 酸化物からなる第 2 および第 3 の層は観察されなかった。第 1 の層はほとんど合金化していなかった。電流 20 mA での発光は、発光波長 460 nm、順方向電圧 3.8 V および出力 3 mW であった。

(比較例 2)

【0047】

加熱処理条件を、真空下および 600℃ の温度で 10 分間とした以外は実施例 1 と同様に行なった。Ni 酸化物からなる第 2 および第 3 の層は観察されなかった。第 1 の層は合金化していた。電流 20 mA での発光は、発光波長 460 nm、順方向電圧 3.8 V および出力 3.2 mW であった。

(比較例 3)

【0048】

加熱処理条件を、3 Pa の酸素ガス中、550℃ の温度で 3 分間とした以外は実施例 1 と同様に行なった。Ni 酸化物からなる第 2 の層は観察されなかった。Ni 酸化物からなる第 3 の層は存在し、第 1 の層は合金化していた。電流 20 mA での発光は、発光波長 460 nm、順方向電圧 3.8 V および出力 3.5 mW であった。

(比較例 4)

【0049】

加熱処理条件を、20% の酸素ガスを含む Ar ガス中、500℃ の温度で 10 分間とした以外は実施例 1 と同様に行なった。Ni 酸化物からなる第 2 の層は観察されなかった。Ni 酸化物からなる第 3 の層は存在し、第 1 の層は合金化していた。電流 20 mA での発光は、発光波長 460 nm、順方向電圧 3.5 V および出力 4.5 mW であった。

【産業上の利用可能性】

【0050】

本発明によって提供される窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極は、透光型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の正極として有用である。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図 1】 実施例 1 で製造した本発明を用いた窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面図である。

【図 2】 実施例 1 で製造した本発明を用いた窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の平面図である。

【符号の説明】

【0052】

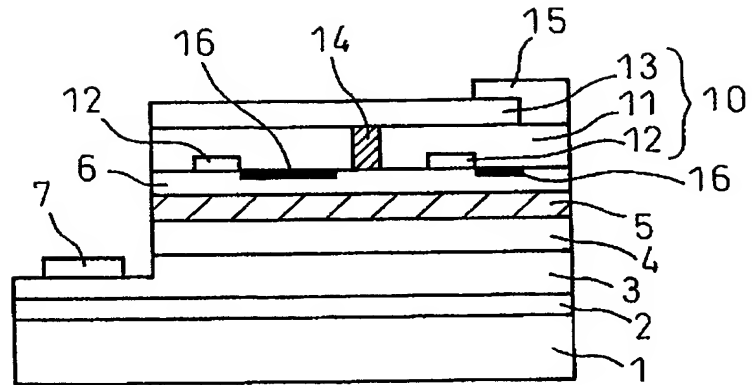
- 1…基板
- 2…バッファ層
- 3…n 型 GaN 層
- 4…InGaIn 層
- 5…p 型 AlGaIn 層
- 6…p 型 GaN 層
- 7…負極
- 10…正極
- 11…第 1 の層
- 12…第 2 の層
- 13…第 3 の層
- 14…第 1 の層の不存在部分
- 15…正電極ボンディングパッド



1 6 … p 型半導体表面の酸素不存在部分

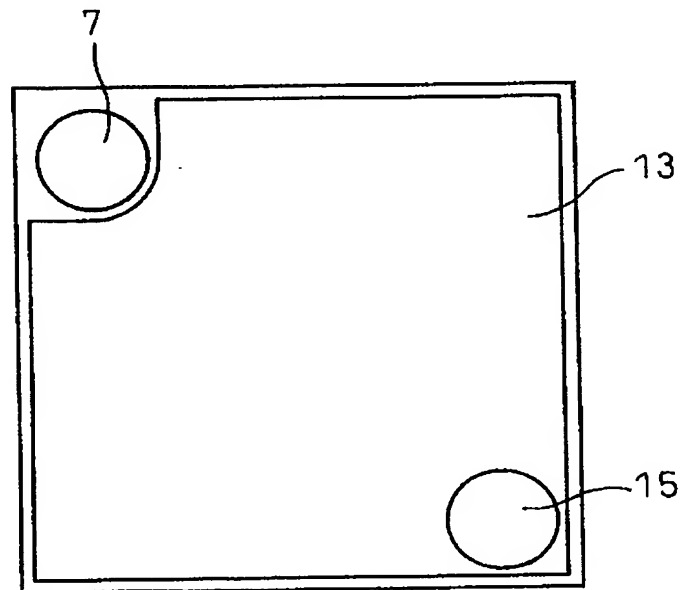
【書類名】 図面
【図 1】

图 1



【図 2】

图 2



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 改良された透光性および接触抵抗を有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用の透光性電極を提供すること。

【解決手段】 p型半導体表面に接して形成され、透光性でかつオーミック接触が得られる、Au、Pt、Pd、Niからなる第一の群より選ばれた少なくとも1種類の金属あるいは2種類以上の金属の合金よりなる第1の層、および、p型半導体表面に接して部分的に形成され、Ni、Ti、Sn、Cr、Co、Zn、Cu、Mg、Inからなる第二の群より選ばれた少なくとも1種類の金属の酸化物よりなる第2の層からなる窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用電極。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 3 3 0 4 2 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 0 0 4]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝大門 1 丁目 1 3 番 9 号

氏 名

昭和電工株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.